

## УДК 621.391

*А.І. Шорін, студент гр. ПВ-91мп, д.т.н., проф. Яремчук Н.А.*

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

### СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ НАЯВНОСТІ СТОРОННІХ УТВОРЕНЬ В СУДИНАХ

**Анотація.** В роботі запропоновано одночасне використання двох методів вимірювання швидкості кровотоку, на яких засновано діагностування наявності сторонніх утворень в судинах. Отримання кінцевого діагнозу за лінгвістичною шкалою ґрунтується на об'єднанні результатів вимірювання швидкості крові току з застосуванням правил нечіткої логіки.

**Ключові слова:** швидкість кровотоку, діагностування сторонніх утворень, лінгвістична шкала.

#### ВСТУП

Для нормального функціонування тканин і органів дуже важливо їх фізіологічно адекватне кровопостачання. Одними з фізіологічно важливих параметрів є об'ємна швидкість кровотоку в судинах і кровонаповнення тканин у відсотках до обсягу тканини, тому для діагностування наявності сторонніх утворень в судинах використовується об'ємна швидкість кровотоку і її зміни в залежності від ступеня деформації судин.

Вимірювання швидкості кровотоку реалізують за принципами ультразвукових та лазерних зондувань тканин.

Допплерівський витратомір безперервної дії дозволяє вимірювати швидкість таких рідин, які містять частки, що відбивають падаючий на них звуковий сигнал (у крові такими частками є еритроцити).

Випромінювач ультразвуку спрямовує сигнал на досліджувану судину. Досягнувши рухомої клітини, ультразвук відбивається від неї зі зміщеною частотою, а відбитий сигнал реєструється приймачем, датчик якого ідентичний кристалу, що випромінює ультразвук, за доплерівським зсувом відбитого сигналу визначають лінійну швидкість кровотоку [1].

Лазерна доплерівська флоуметрія - метод, який використовується для вимірювання об'ємної швидкості кровотоку і оцінки стану мікроциркуляторного русла. Для дослідження мікроциркуляції крові застосовується зондування тканини лазерним випромінюванням з реєстрацією доплерівського зсуву частоти розсіяного когерентного лазерного випромінювання рухомими в тканини клітинами крові [2].

Оскільки точність вимірювання невисока і на результат діє багато впливних величин, то для збільшення достовірності діагностування запропоновано використання надлишкових вимірювань, за якими значення діагностичної ознаки отримуються двома методами, а результати об'єднують. Кінцевий результат діагностування подають за допомогою лінгвістичної шкали : сторонні включення «незначні», «суттєві», «значні».

Метою є розробка алгоритму опрацювання вимірювальної і діагностичної інформації системи діагностування наявності сторонніх утворень в судинах.

## МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Особливістю системи на відміну від існуючих систем вимірювання кротоку є наявність додаткового інформаційного каналу (крім ультразвукового) з застосуванням лазерного випромінювання, а також багатоканального вимірювання цих параметрів крові на кінцівках людини одночасно. На вхід обох каналів подається сигнал інформативним параметром якого є лінійна швидкість кровотоку.

Структурна схема представлена на рис. 1, з використанням ультразвукового випромінювання датчик на 7,5 МГц. Для оптичного тракту використовується напівпровідниковий лазер [3].

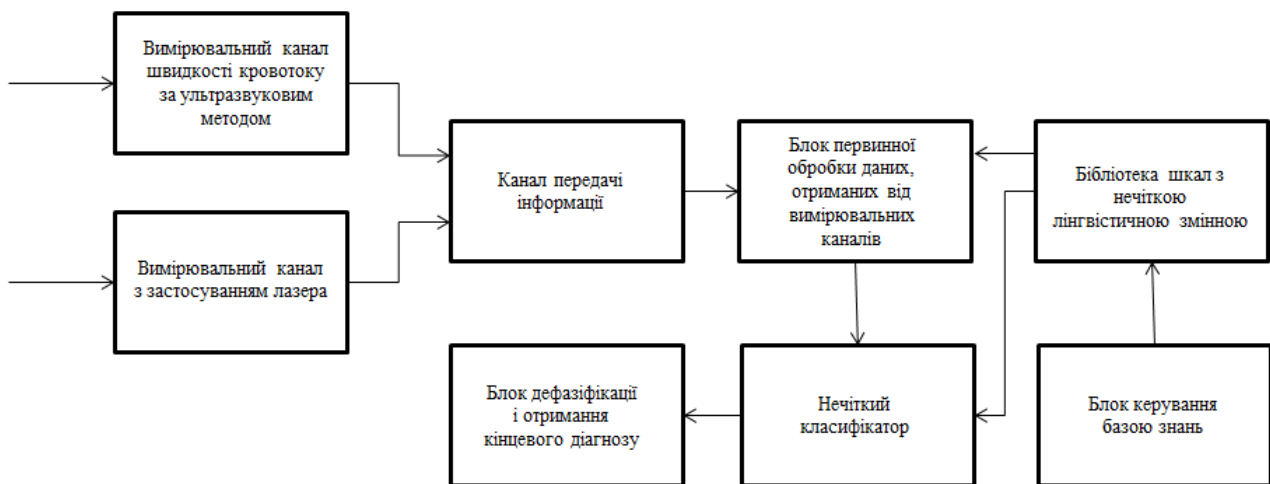


Рисунок 1 – Структурна схема розробленої системи

Зміни судини при стенозі, що призводять до зменшення діаметра судини, представлені в таблиці 1. При цьому необхідно зазначити, що у формулі Пуазейля об'ємна швидкість кровотоку знаходиться в сильній статичній залежності від радіуса судини пропорційно від  $r^4$ . Це означає, що незначний стеноз судини і пов'язане з цим зменшення її радіусу буде приводити до помітних змін кровопостачання тканин [4].

Найважливішим кількісним параметром для визначення наявності сторонніх утворень є потік або витрата крові  $V_{voe}$ .

Витрата крові визначається за безпосередньо вимірюваною величиною TAV (time average velocity), усереднену за часом і середню за перерізом кровоносної судини [5]. Об'ємна швидкість кровотоку  $V_{voe} = A \cdot TAV \cdot 60$ , де  $A$  – площа поперечного перерізу судини. TAV і  $V_{voe}$  – найважливіші діагностичні ознаки для ідентифікації цілого ряду судинних патологій. Крім того використовується цілий ряд діагностичних ознак, такий, наприклад індекс опору RI, що визначається як:  $RI = (V_s - V_d) / V_s$ , де  $V_s = \max[V_{max}(t)]$  – максимальна систолічна швидкість,  $V_d = \min[V_{max}(t)]$  – кінцева діастолічна швидкість [5].

Тому блок первинного опрацювання даних призначений для отримання значень обраних діагностичних ознак.

В бібліотеці лінгвістичних шкал зберігається розроблені за діагностичними ознаками шкали для пацієнтів різних вікових груп і для різних ланок кровоносної

системи або судин різного калібру. Шкала з нечіткою лінгвістичною змінною – це терм-множина лінгвістичної змінної, що складається з трьох термів за результатами діагностування:  $T_1$  – незначні;  $T_2$  – суттєві;  $T_3$  – значні. Функції приналежності окремих термів будуються за отриманими з літературних джерел областями визначення діагностичних параметрів, форма функцій приналежності прямокутна [6].

Розрахуємо об'ємну швидкість кровотоку і її зміни в залежності від ступеня деформації судин з використанням формули Пуазейля:

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 (P_1 - P_2)}{8\mu L}, \quad (1)$$

де:  $Q$  – об'ємна швидкість кровотоку;  $r$  – радіус судини;  $P_1 - P_2$  – різниця тисків;  $\mu$  – в'язкість крові;  $L$  – довжина судини.

Середня в'язкість крові  $\mu = 0,0045$  Па\*с. Розміщення даного тиску в артеріях, що відповідає середньому домену в системі CI,  $P = 3900$  Па.

За розрахунками (1) було виявлено, що об'ємна швидкість кровотоку зменшується майже в 15 разів при розтягуванні судин на 50%.

Згідно з отриманими розрахунковими даними об'ємної швидкості можна класифікувати рівень небезпеки за даними «табл. 1» для стегнової артерії [4].

Таблиця 1  
Зміна об'ємної швидкості від стенозу судини

Стеноз стегнової судини %	0	10	20	50
Об'ємна швидкість $Q$ (мл/хв)	339	212	139	23

Стеноз судини при 0% можна класифікувати як «відсутній», в той час при стенозі на 10, 20 та 50 % можна класифікувати як: «незначні», «суттєві», «значні» відповідно.

Так за даними для загальної стегнової артерії [7], середнє значення TAV становить  $300 \pm 50$  (мл/хв), а діапазон становить від 212 до 424 мл/хв, може бути запропонована функція приналежності  $\mu(T_1(x))$ :

$$\mu(T_1(x)) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 250 \leq x < 350 \\ \frac{424-x}{424-212}, & \text{якщо } 212 \leq x \leq 424 \\ 0, & \text{якщо } 212 > x \end{cases}$$

Нечіткий класифікатор визначає активізовані функції приналежності за перерізом результату вимірювання і функціями приналежності терм-множини лінгвістичної змінної, модифікує за значеннями ординат перерізу і формує функцію приналежності за першим діагнозом (тобто за першим вимірювальним каналом)

Така же процедура проводиться з результатом вимірювання за другим вимірювальним каналом.

Після цього визначається результируюча функція приналежності (аккумуляція двох діагностичних висновків).

Кінцевий діагноз отримують за центром ваги аккумуляювальної функції приналежності(дефазіфікація).

## **ВИСНОВКИ**

В роботі запропоновано одночасне використання двох методів вимірювання швидкості кровотоку, на яких засновано діагностування наявності сторонніх утворень в судинах, що дозволяє збільшити достовірність діагностування

Наведено структурну схему системи і алгоритм опрацювання вимірювальної і діагностичної інформації.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Вебстер Дж. Г. Медицинские приборы. Разработка и применение/ Камышко И.В., Калашник Д.А//– 2004.
- [2] ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ БЕСКОНТАКТНОГО ЛАЗЕРНОГО ФЛОУМЕТРА И ИЗМЕРЕНИЕ ЕГО ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23816>.
- [3] Богомоллов М.Ф., Шорін А.І. – «Універсальний оптоакустичний пристрій для виявлення сторонніх включень у крові людини». – ДЕВ'ЯТНАДЦЯТА міжнародна науково-технічна конференція "ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ" (ВОТТП-19-2019). – 85 с.
- [4] ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ НАРУШЕНИЯ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ МЫШЕЧНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ ИХ ДЕФОРМАЦИИ. // «Медицина и образование в Сибири». – 2013. – №4.
- [5] В.Г. Лелюк, С.Э. Лелюк. Ультразвуковая ангиология. Издательство «Реальное время», М. 2003, 330с.
- [6] Маліков. Застосування ефекту доплера для діагностики кінцівок людини [Електронний ресурс] / Маліков. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25481/1/Malikov\\_magistr.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25481/1/Malikov_magistr.pdf).
- [7] Ю.А.Буров. Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия как метод прогнозирования результатов реваскуляризации у больных с критической ишемией нижних конечностей [Електронний ресурс] / Ю.А.Буров. – 1998. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.transonic.ru/books/book98/burov8.html>.

**Наук. керівник – д.т.н., проф. Яремчук Н. А.**